

KONSENTRASI Cu DAN Pb DALAM AIR DAN PLANKTON DI SUNGAI MUSI BAGIAN HILIR

Cu AND Pb CONCENTRATIONS IN WATER COLUMN AND PLANKTON OF DOWNSTREAM SECTION OF THE MUSI RIVER

Wike Ayu Eka Putri^{1*} dan Anna Ida Sunaryo Purwiyanto¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya, Palembang

*E-mail: wike.aep@gmail.com

ABSTRACT

A wide range of the Musi river usage such as agricultural, forestry, industry, residential, fishing and transport activities has created a heavy metal pollution issues. This research aims to know the concentration of Cu and Pb in the water column (suspended and dissolved) and also on planktons found at downstream of Musi River. Water and plankton sampling was carried out in January and May 2015 across five research stations. Cu and Pb in water and plankton samples were analyzed using the USEPA 30050B method determined by using AAS SpektrAA plus variant with air mixture flame – acetylene. The average concentration of dissolved Cu and Pb were varied from 0.003-0.005 mgL⁻¹ and 0.002-0.004 mgL⁻¹, respectively. A higher value was observed during the suspended phase which came to around 8.60-31.79 mgKg⁻¹ for Cu dan 21.23-61.5 mgKg⁻¹ for Pb. Furthermore, Cu and Pb concentration in plankton were varied from 1.046-2.430 mgKg⁻¹ and 0.673-1.283 mgKg⁻¹, respectively.

Keywords: Cu and Pb, planktons, Musi River downstream

ABSTRAK

Beragam aktivitas yang memadati daerah aliran Sungai Musi diantaranya pertanian, perkebunan, industri, pemukiman, penangkapan ikan dan transportasi, telah memunculkan permasalahan logam berat. Penelitian ini bertujuan mengetahui konsentrasi Cu dan Pb dalam kolom air (terlarut dan tersuspensi) dan plankton yang terdapat di Sungai Musi bagian hilir. Pengambilan sampel air dan plankton dilaksanakan bulan Januari dan Mei 2015 di lima stasiun penelitian. Cu dan Pb dalam sampel air dan plankton dianalisis menggunakan metode USEPA 30050B dan diukur dengan AAS jenis Varian SpektrAA plus Varian dengan menggunakan *flame* campuran udara – asetilen. Rata-rata konsentrasi Cu dan Pb terlarut selama penelitian adalah 0,003-0,005 mg/l Cu dan 0,002-0,004 mg/l Pb. Angka yang lebih tinggi ditemukan dalam fase tersuspensi yaitu 8,603-31,793 mg/kg Cu dan 16,977-61,479 mg/kg Pb. Selanjutnya juga terlihat bahwa logam Cu dan Pb juga terakumulasi dalam plankton dengan konsentrasi berkisar antara 1,046-2,430 mg/kg Cu dan 0,673-1,283 mg/kg Pb.

Kata kunci : Cu dan Pb, plankton, Sungai Musi bagian hilir

I. PENDAHULUAN

Sungai Musi, salah satu sungai di Provinsi Sumatera Selatan, panjangnya mencapai ± 750 km dengan debit air berkisar antara 2.700 m³/ detik pada musim kemarau dan mencapai 4.000 m³/ detik lebih pada musim hujan (BRPPU, 2010). Seperti halnya beberapa sungai besar lainnya, aliran air Sungai Musi melalui beberapa tata guna lahan seperti perkebunan, pertanian, pemu-

kiman, pelabuhan, industri, pertambangan, perikanan dan transportasi. Pada bagian hulu dan tengah Sungai Musi, ditemukan aktifitas pemanfaatan seperti pertanian padi, hortikultura, perkebunan kopi dan coklat serta karet, sedangkan pada bagian pinggir perairan dijumpai usaha perikanan dan pertambangan seperti penambangan pasir dan batu bara. Pemanfaatan lahan di Sungai Musi bagian hilir lebih banyak dan bervariasi antara lain pemukiman, kegiatan rumah tangga, trans-

portasi air dan didominasi oleh kegiatan industri seperti pengilangan minyak, pabrik pupuk, pengolahan karet alam, kayu lapis dan lain-lain (Husnah *et al.*, 2006; BRPPU, 2010). Semua aktifitas tersebut diduga berkontribusi terhadap peningkatan komponen logam berat di perairan. Hal ini dibuktikan dengan beberapa penelitian sebelumnya (Emilia *et al.*, 2013; Setiawan *et al.*, 2013) yang menemukan adanya akumulasi logam Cd dan Hg dalam sedimen Sungai Musi bagian hilir. Selain itu, logam Cu dan Pb juga ditemukan terkonsentrasi dalam air dan sedimen di sepanjang aliran Sungai Musi bagian hilir hingga muara (Putri *et al.*, 2015). Hasil penelitian terbaru (Putri *et al.*, 2016) menemukan akumulasi logam Cu dan Pb dalam organ hati, daging dan insang ikan seluang (*Rasbora sp*) dan ikan belanak (*Mugil chepalus*) yang hidup di kawasan tersebut.

Pencemaran logam berat di ekosistem Sungai Musi telah banyak diteliti baik pada sampel air, sedimen dan organisme terutama pada ikan dan hewan benthik lainnya. Namun masih sedikit informasi tentang konsentrasi dan akumulasi logam berat yang terdapat dalam plankton (fitoplankton dan zooplankton) yang merupakan tropik level pertama dalam susunan piramida makanan. Pengukuran konsentrasi logam berat dalam plankton penting dilakukan karena peranannya sebagai sumber utama bahan makanan, bahkan plankton berkontribusi dalam transfer logam berat menuju tropik level yang lebih tinggi (Bahnasawy *et al.*, 2009). Logam seperti Cd, Cu, Zn dan Pb mampu berikatan dengan permukaan sel fitoplankton dan selanjutnya dapat ditransfer kepada zooplankton yang memangsa fitoplankton. Karenanya penting untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cu dan Pb dalam organisme plankton yang hidup di Sungai Musi bagian hilir guna melengkapi informasi yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi logam berat Cu dan Pb dalam kolom air dan dalam plankton yang terdapat di Sungai Musi bagian hilir. Hasil penelitian

diharapkan dapat melengkapi informasi terkait akumulasi logam berat Cu dan Pb pada beberapa komponen biotik dan abiotik yang terdapat di Sungai Musi bagian hilir.

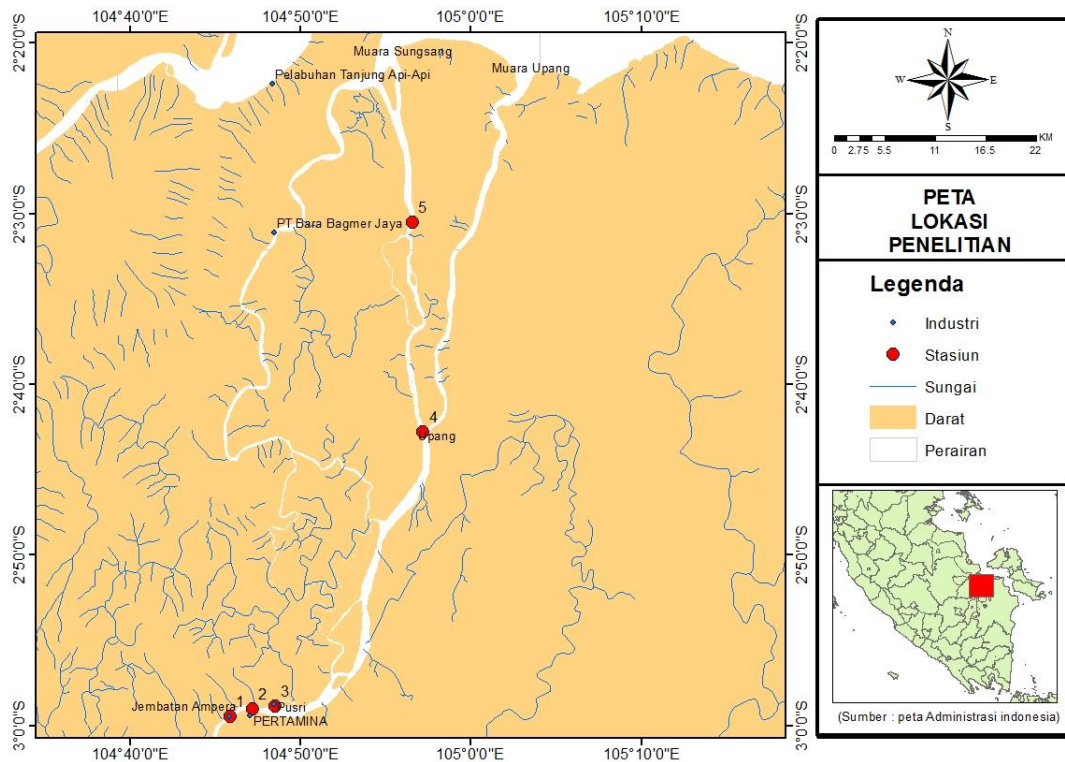
II. METODE PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari dan Mei 2015 berlokasi di sepanjang aliran Sungai Musi bagian hilir (antara Jembatan Ampera dan sebelum Pulau Payung) Provinsi Sumatera Selatan (Gambar 1). Stasiun 1 dekat Jembatan Ampera mewakili daerah perkotaan dengan aktifitas pemukiman yang padat, Stasiun 2 di muara Sungai Ogan berdekatan dengan aktifitas pengolahan minyak bumi oleh Pertamina. Stasiun 3 terletak di dekat pabrik pupuk PT. Pusri dan *stockpile* batu bara, Stasiun 4 dan 5 (terletak antara daerah Upang hingga sebelum Pulau Payung) merupakan daerah alami dimana sisi kiri dan kanan sungai banyak dijumpai hutang mangrove.

2.2. Pengambilan dan Analisa Sampel Air

Sampel air diambil pada lapisan permukaan (50 cm) (Bahnasawy *et al.*, 2009) dan disimpan dalam botol polietilen. Sampel air kemudian disaring menggunakan kertas saring membrane selulosa Whatman 7184-004 (membran Cicles, Cellulose nitrat, *white plain* 0,45 μm , diameter 47 mm). Fase terlarut disimpan dalam botol polietilen dan diawetkan dengan HNO_3 pekat hingga $\text{pH} < 2$ (Batley and Garner, 1977; APHA/AWWA/WEF, 2005; Taftazani *et al.*, 2005). Di laboratorium, sampel air (250 ml) dimasukkan dalam corong pisah teflon, kemudian diekstraksi dengan APDC/NaDDC/MIBK. Fase organik diekstraksi kembali dengan HNO_3 (*back extraction*) (Bruland *et al.*, 1979). Sampel selanjutnya dibiarkan selama 20 menit, ditambahkan 9,75 ml air suling dan decampurkan. Hasil ekstraksi dalam fase air diambil dan disimpan dalam botol polyethylene kemudian diukur menggunakan AAS. Untuk logam berat tersuspensi, kertas



Gambar 1. Lokasi stasiun penelitian.

saring yang telah digunakan dikeringkan dalam oven pada suhu 90°C selama satu jam, kemudian didestruksi dengan campuran larutan $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2\text{-HCl}$ pada suhu 95°C selama 6 jam (USEPA, 2006), hasil destruksi kemudian diukur dengan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) jenis Varian SpectrAA plus Varian dengan menggunakan *flame* campuran udara – asetilen.

2.3. Pengambilan dan Analisa Sampel Plankton

Sample plankton diambil dengan planktonet dengan spesifikasi *mesh size* 20 μm , lebar mulut jaring 50 cm, panjang jaring 1,5 m dan panjang tali penarik jaring plankton sekitar 25 meter. Jaring plankton ditarik pada lapisan permukaan (10 cm) dengan jarak sekitar 20 m (Bahnasawy, 2009; Harteman, 2011). Pengambilan contoh plankton dilakukan 4-6 kali. Di laboratorium, pemisahan contoh plankton dengan komponen lainnya dilakukan dengan teknik pemisahan memberikan larutan gula (Harteman,

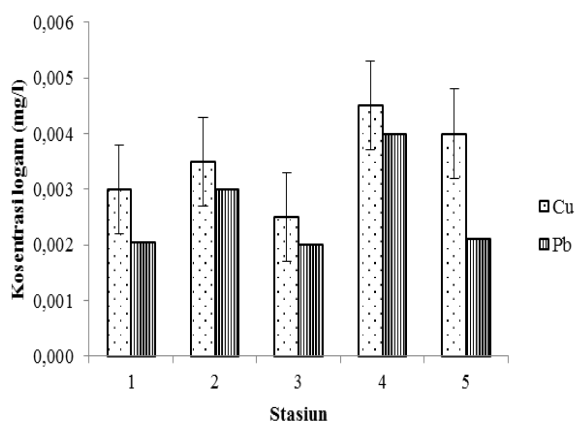
2011). Contoh plankton dimasukkan dalam toples transparan berisi 2 liter larutan gula (70 % air suling dan 30 % gula pasir). Campuran dibiarkan selama 1,5-2 jam dan pada komponen plankton yang mengapung diambil dengan cara disedot menggunakan selang berdiameter 0,5 cm, kemudian disaring dengan kertas saring whatman no 42 dengan ukuran pori 45 μm . Plankton yang telah disaring, dikeringkan dalam oven dan ditimbang. Contoh plankton kering kemudian ditambahkan campuran larutan HNO_3 : $\text{HClO}_4 = 4 : 1$ sekitar 10 ml. Contoh dipanaskan dengan menggunakan *hotplate* pada suhu 115°C. Setelah contoh kering sempurna, ditambahkan HNO_3 10 % dan dibilas dengan aquabides, kemudian contoh dimasukkan dalam gelas ukur sehingga volume menjadi 50 ml lalu dianalisa kandungan logam berat menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) jenis Varian SpectrAA plus Varian dengan menggunakan *flame* campuran udara – asetilen dengan batas deteksi untuk Pb 0,01 ppm dan Cu

0,003 ppm. (Hutagalung, 1994). Konsentrasi logam berat yang didapat selama penelitian diplotkan kedalam program Excel untuk kemudian dibahas secara deskriptif.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

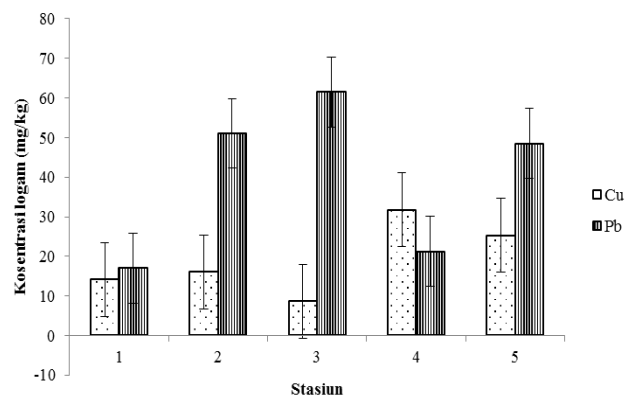
3.1. Logam Berat Terlarut dan Tersuspensi

Konsentrasi rata-rata Cu dan Pb terlarut selama penelitian berkisar antara 0,003-0,005 mg/l untuk Cu dan 0,002-0,004 mg/l untuk Pb. Secara umum terlihat bahwa konsentrasi Cu dan Pb selama penelitian relatif sama antar stasiun penelitian dan tidak jauh berbeda dibandingkan penelitian Putri *et al.* (2015) yang menemukan konsentrasi Cu dan Pb di sepanjang aliran Sungai Musi bagian hilir hingga muara selama periode Maret dan September 2014 berkisar antara 0,001-0,010 mg/l Cu dan 0,001-0,005 mg/l Pb. Namun jika dibandingkan dengan Sungai Banyuasin dimana Cu terlarut berkisar 0,03-0,06 mg/l (Purwiyanto dan Lestari, 2012) maka konsentrasi Cu dan Pb di Sungai Musi lebih rendah. Penelitian serupa juga telah dilakukan di Teluk Kelabat Pulau Bangka yang menemukan konsentrasi Pb berkisar 0,001-0,026 mg/l (Arifin, 2011) dan di Muara Sungai Cisadane dimana Pb berkisar 0,001-0,005 mg/l (Rochyatun *et al.*, 2006).



Gambar 2. Rata-rata konsentrasi logam berat (Cu dan Pb) terlarut selama penelitian di Sungai Musi bagian hilir.

Selanjutnya, konsentrasi rata-rata Cu dan Pb tersuspensi selama penelitian berkisar antara 8,60-31,79 mg/kg untuk Cu dan 21,23-61,5 mg/kg untuk Pb (Gambar 3). Konsentrasi Pb tersuspensi ditemukan lebih tinggi dibandingkan logam Cu. Hal ini dijumpai pada semua stasiun penelitian dan waktu pengambilan sampel yang berbeda. Kelarutan timbal yang lebih rendah dibandingkan dengan Cu diduga menyebabkan Pb dalam fase tersuspensi ditemukan lebih tinggi dibandingkan Cu. Menurut Effendi (2003), kelarutan timbal cukup rendah yaitu berkisar <1 µg/L pada pH 8,5-11 (Weiner, 2008; Csuros and Csuros, 2002) sehingga kadar timbal dalam air relatif sedikit dibandingkan logam Cu. Pada pH > 8 kelarutan Pb berkisar 10 µg/l dan pada pH sekitar 6,5 kelarutannya >100 µg/l (Allen *et al.*, 1998; Manahan, 2001).



Gambar 3. Rata-rata konsentrasi logam berat (Cu dan Pb) tersuspensi selama penelitian di Sungai Musi bagian hilir.

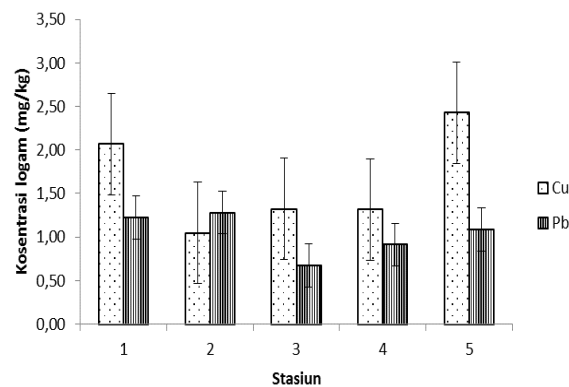
Maslukah (2006) menemukan konsentrasi logam Cu tersuspensi di Estuaria Banjir Kanal Barat Semarang berkisar antara 13,33 - 97,826 mg/kg dan Pb berkisar antara 10,556 - 30,556 mg/kg. Nilai ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian di muara Sungai Musi ini. Fohl *et al.* (1998) dalam Maslukah (2006) menyatakan bahwa konsentrasi logam Cd, Cu, dan Zn dalam material tersuspensi lebih tinggi atau lebih rendah daripada di sedimen disebabkan karena

peranannya dalam siklus biologi, proses adsorpsi, pelarutan kembali selama pengendapan dan adanya perubahan antara sedimen - air melalui proses difusi atau secara biologi. Selanjutnya terlihat bahwa konsentrasi logam tersuspensi ditemukan jauh lebih tinggi dibandingkan fase terlarut. Arifin *et al.* (2012) menyebutkan bahwa konsentrasi logam berat dalam fase terlarut biasanya ditemukan lebih rendah dibandingkan standar baku mutu. Rendahnya konsentrasi logam berat dalam fase terlarut ini biasanya disebabkan tingginya jumlah logam berat yang diserap oleh partikel tersuspensi, plankton, moluska maupun rumput laut. Selain itu, lingkungan juga berpengaruh terhadap fenomena tingginya konsentrasi logam dalam fase tersuspensi. Sebagaimana diketahui bahwa daerah penelitian merupakan daerah aliran sungai yang membawa banyak sekali partikel tersuspensi yang berasal dari daratan sekitar kemudian masuk ke perairan. Hal ini didukung oleh hasil penelitian Setiawan (2006) yang menemukan kisaran TSS di sepanjang aliran Sungai Musi bagian hilir berkisar antara 14 – 296 mg/l. Selain itu, hasil penelitian Pramono (2015); Basuki dan Putro (2013) menyebutkan bahwa bahwa daerah aliran sungai (DAS) Musi terutama yang terletak di bagian hulu dan tengah memiliki tingkat kerentanan lahan tinggi (sangat rentan) sehingga potensi terjadinya erosi juga tinggi. Ditambahkan bahwa Sub DAS Musi bagian hulu dan tengah didominasi dengan pertanian lahan kering dan semak sehingga potensi terjadinya erosi juga lebih tinggi. Diduga erosi yang terjadi di sekitar daerah aliran Sungai Musi berpotensi meningkatkan konsentrasi logam berat di Sungai Musi bagian hilir terutama pada komponen tersuspensi.

3.2. Logam Berat dalam Plankton

Selama penelitian, ditemukan konsentrasi rata-rata Cu dan Pb dalam plankton berturut-turut adalah 1,046-2,430 mg/kg Cu dan 0,673-1,283 mg/kg Pb. Angka ini hampir sama dengan hasil penelitian Chinnaraja *et*

al. (2011) yang menemukan rata-rata konsentrasi Pb dalam organisme plankton yang terdapat Pantai Coromandel India adalah 1,32 ppm. Angka dalam penelitian ini lebih kecil dibandingkan hasil penelitian Bahnasawy *et al.* (2009) di Danau Manzala Mesir, yang menemukan konsentrasi Cu dalam plankton berkisar antara 48,57-154,43 µg/g dan Pb 44,75-149,13 µg/g. Selanjutnya, Elmaci *et al.* (2007) juga mencatat kisaran konsentrasi Cu pada sampel plankton (0,670-23,88 µg/g) dan Pb (0,109-1,060 µg/g) di Danau Uluabat Turki. Tulonen *et al.* (2006) menemukan konsentrasi rata-rata Cu dalam organisme zooplankton 7,5 µg/g dan Pb 184 µg/g di beberapa danau yang ada di Finlandia Selatan.



Gambar 6. Rata-rata konsentrasi logam berat (Cu dan Pb) dalam plankton selama penelitian di Sungai Musi bagian hilir.

Jika dibandingkan dengan konsentrasi Cu dan Pb terlarut, terlihat bahwa konsentrasi logam Cu dan Pb dalam plankton lebih tinggi. Menurut Ravera (2011) dan Bahnasawy *et al.* (2009) hal ini mungkin berhubungan dengan luas permukaan tubuh organisme plankton (fito dan zooplankton) dalam kaitannya dengan satuan massa. Selain itu, metabolisme aktif yang dimiliki plankton dapat menyebabkan pada penyerapan berbagai jenis polutan.

Secara umum terlihat bahwa logam Cu dalam plankton ditemukan lebih tinggi dibandingkan Pb pada hampir seluruh stasiun penelitian. Hasil penelitian Bahnasawy *et al.*

(2009) menunjukkan hasil yang hampir sama dimana kecenderungan konsentrasi logam berat dalam tubuh plankton berturut-turut adalah $Zn > Cu > Pb > Cd$. Hasil penelitian Elmacy *et al.* (2007) menyebutkan bahwa konsentrasi logam berat dalam organisme plankton dipengaruhi oleh logam berat dalam air dan kemungkinan sedimen. Konsentrasi logam dalam plankton lebih tinggi dibandingkan konsentrasi dalam air menunjukkan adanya perpindahan dan akumulasi logam dari badan air ke dalam organisme plankton (Chen *et al.*, 2000). Akumulasi logam berat pada plankton dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti produktivitas badan air, fisika kimia plankton, kapasitas serapan logam berat dan musim (Radwan *et al.*, 1990; Kerrison *et al.*, 1998; Elmacy *et al.*, 2007).

IV. KESIMPULAN

Logam berat Cu dan Pb di perairan Sungai Musi bagian hilir ditemukan pada kolom air baik terlarut maupun tersuspensi. Selain itu, Cu dan Pb juga terakumulasi pada komponen biotik dalam hal ini adalah organisme plankton yang hidup di kawasan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Kemenristek-Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui Anggaran DIPA Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Nomor: 023.04.1.673453/2015 tanggal 14 November 2014 (Hibah Bersaing). Penelitian ini merupakan bagian dari disertasi, karenanya ucapan terimakasih yang mendalam juga kami haturkan kepada para pembimbing Bapak Prof. Dr. Ir. Dietrich G. Bengen, DEA; Bapak Dr. Ir. Tri Prartono, M.Sc dan Ibu. Dr. Ir. Etty Riani, MS. Mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini, Harry Prastio, Maria Albertina dan Lasriadi serta Azrina Ulfa serta kepada anonymous reviewer atas saran dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, H.E., A.W. Garrison, and G.W. Luther. 1998. Industrial discharges of metals to water. In metal in surface water. Sleeping Bear Press. Inc. Ann Arbor-press. Michigan. USA. 262p.
- American Public Health Association (APHA)-AWWA-WEF). 2005. Standard methods for examination of water and wastewater. American Public Health Association (APHA)-American Water Works Association (AWWA)-Water Environment Federation (WEF). 315-317pp.
- Arifin, Z. 2011. Konsentrasi logam berat di air, sedimen dan biota di Teluk Kelabat, Pulau Bangka. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 3(1):104-114.
- Arifin, Z., R. Puspitasari, and N. Miyazaki. 2012. Heavy metal contamination in coastal marine ecosystem : A Historical perspective. *Coastal Marine Science*, 35(1):227-233.
- Balai Riset Perikanan dan Perairan Umum (BRPPU). 2010. Perikanan perairan Sungai Musi Sumatera Selatan. Pusat Penelitian Pengelolaan Perikanan dan Konservasi Sumberdaya Ikan. Badan Penelitian dan Pengembangan Kelautan dan Perikanan. Kementrian Kelautan dan Perikanan. 264hlm.
- Bahnasawy, M.H., A.A.A. Khidr, and N.A. Dheina. 2009. Assessment of heavy metals concentrations in water, plankton and fish of Lake Manzala, Egypt. *Egypt J. Aquat. Biol. and Fish.* 13(2):117-133.
- Basuki, T.M., dan R.B.W.M. Putro. 2013. Aplikasi sistem informasi geografis untuk penilaian tingkat kerentanan lahan terhadap degradasi di Daerah Aliran Sungai Musi. Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial Untuk Optimalisasi Ekonomi Daerah 2013. Hlm.:94-98.

- Batley, G.E. and D. Gardner. 1977. Sampling and storage of natural water for trace analysis. *Water Res.*, 11:747-756.
- Bruland, K., R.P. Franks., G.A. Knauer. and J.H. Martin. 1979. Sampling and analytical methods for the determination of copper, cadmium, zinc and nickel at the nanogram per liter in sea water. *Anal. Chem. Acta.*, 105:233-245.
- Chen, C.Y., R.S. Stemberger, B. Klaue., J.D. Blum, C. Pickhardt, and C.L. Folt, 2000. Accumulation of heavy metals in food web components across a gradient of lakes. *Limnol. Oceanogr.* 45(7):1525-1536.
- Chinnaraja, V., P. Santhanam, B. Balaji Prasath, S.D. Kumar, and K. Jothiraj, 2011. An investigation on heavy metals accumulation in water, sediment and small marine food chain (plankton and fish) from Coromandel Coast, Southeast Coast of India. *Indian J. Of Natural Sciences*, 2(8): 532-540.
- Csuros, M. and Csuros. C. 2002. Sample collection of metal analysis. In: *Environmental sampling and analysis for metals*. Lewis Publisher. A CRC Press Company. Boca Raton. 371p.
- Effendi, H. 2003. Telaah kualitas air bagi pengelolaan sumberdaya dan lingkungan perairan. Yogyakarta. Kanisius. 257hlm.
- Elmaci, A., A. Teksoy, F.O. Topac, N. Ozengin, S. Kurtoglu, and H.S. Bas-kaya. 2007. Assessment of heavy metals in lake Uluabat, Turkey. *Afr. J. Biotech.*, 6(19): 2236-2244.
- Emilia, I. Suheryanto, dan Z. Hanafiah, 2013. Distribusi logam kadmium dalam air dan sedimen di Sungai Musi Kota Palembang. *J. Penelitian Sains*, 16(2) :59-64.
- Harteman, E. 2011. Dampak kandungan logam berat terhadap kemunculan polimorfisme ikan badukang (*Arius Maculatus* Fish and Bian) dan sem-bilang (*Plotosus Canius* Web and Bia) di Muara Sungai Kahayan serta Katingan, Kalimantan Selatan. Disertasi. IPB. Bogor. 268hlm.
- Husnah, E. Prianto, S.N. Aida, D. Wijaya, A. Said, Sulistiono, S. Gautama, dan Makri. 2006. Inventarisasi jenis dan sumber bahan polutan serta parameter biologi untuk metode penentuan tingkat degradasi lingkungan di Sungai Musi. Pusat Riset Perikanan Tangkap. Balai Riset Perikanan Perairan Umum. Departemen Kelautan dan Perikanan. 43hlm.
- Hutagalung, H. 1994. Penentuan kadar logam berat. Metode analisi laut, sedimen dan biota. (Eds 2). P3O LIPI. Jakarta. 182hlm.
- Kerrison, P.H., D. Annoni, S. Zerini, O. Ravera, and B. Moss. 1998. Effects of low concentrations of heavy metals on plankton community dynamics in a small, shallow, fertile lake. *J. Plank. Res.*, 10:779-812.
- Manahan, S.E. 2001. Water pollution, In *Fundamentals of environmental chemistry*. Second ed. CRC Press Lewis Pub. Boca Raton. Florida. 1003p.
- Maslukah, L. 2006. Konsentrasi logam berat Pb, Cd, Cu, Zn dan pola sebarannya di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. Tesis. IPB. Bogor. 94hlm.
- Pramono, I.B. 2015. Identifikasi kerentanan lahan dengan tipologi DAS: Studi kasus DAS Musi. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2015, Palembang 8-9 Oktober 2015. Hlm.:52-85.
- Purwiyanto, A.I.S. dan S. Lestari. 2012. Akumulasi logam berat Pb dan Cu untuk keamanan pangan di Muara Sungai Banyuasin. Laporan Unggulan Kompetitif. Univ. Sriwijaya. Palembang. 67hlm.
- Putri, W.A.E., D.G. Bengen, T. Prartono, E. Riani. 2015. Konsentrasi logam berat (Cu Dan Pb) di Sungai Musi bagian

- Hilir. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(2):453-463.
- Putri, W.A.E., D.G. Bengen, T. Prartono, E. Riani. 2016. Accumulation of heavy metals (Cu and Pb) in two consumed fishes from Musi River Estuary, South Sumatera. *J. Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 2(1):45-52.
- Radwan, S., W. Kowalik, and C. Kowalczyk. 1990. Occurrence of heavy metals in water, phytoplankton and zooplankton of mesotrophic Lake in Eastern Poland. *Sci. Total Environ.*, 96:115-120.
- Ravera, O. 2001. Monitoring of the aquatic environment by species accumulator of pollutants: a review. *J. Immunol.*, 60:63-78.
- Rochyatun, E., Lestari, and A. Rozak. 2004. Kondisi perairan Muara Sungai Digul dan Perairan Laut Arafura dilihat dari kandungan logam berat. *Oseanologi dan Limnologi di Indonesia*, 36:15-31.
- Setiawan, A.A., I. Emilia, dan Suheryanto. 2013. Kandungan merkuri total pada berbagai jenis ikan cat fish di Perairan Sungai Musi Kota Palembang. Seminar Nasional Sains dan Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Hlm.:741-750.
- Setiawan, D. 2006. Struktur komunitas makrozoobentos sebagai bioindikator kualitas lingkungan perairan hilir Sungai Musi. Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. 193hlm.
- Taftazani, A., Muzakky, dan Sumining. 2005. Evaluasi kadar logam berat dalam sampel lingkungan Pantai indramayu dengan teknik analisis aktivasi neutron. Dalam Prosiding PPI – PDIPTN 2005. Puslitbang Teknologi Maju-BATAN, Jogjakarta. Hlm.:35-44.
- Tulonen, T., M. Pihlström, L. Arvola, and M. Rask. 2006. Concentrations of heavy metals in food web components of small, Boreal Lakes. *Boreal Environment Research*, 11:186-194.
- USEPA. 2006. Volunteer Estuary Monitoring Manual, A Methods Manual, Second Edition, EPA-842-B-06-003. http://water.epa.gov/type/oceb/nep/upload/2009_03_13e_stuaries_monitor_chap12.pdf. 15p.
- Weiner, E.R. 2008. Application of environment aquatic chemistry. A practical guide. Second ed. CRC Press. Taylor and Francis Group. 618p.
- Diterima* : 20 Maret 2016
Direview : 24 Maret 2016
Disetujui : 22 Desember 2016